

S/N TO BE ASSIGNED

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: HUTTUNEN

Serial No.:

TO BE ASSIGNED

Filed: 14 JUNE 2001

Docket No.:

781.401USW1

Title: TRANSMITTER LINEARIZATION

PATENT

982738  
09/08/01



CERTIFICATE UNDER 37 CFR 1.10

'Express Mail' mailing label number: EL 733009620 US

Date of Deposit: June 14, 2001

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service 'Express Mail Post Office To Addressee' service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

By:

Name: Kari Arnold

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Box Patent Application  
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Enclosed is a certified copy of Finnish application, Serial Number 982738, filed  
17 December 1998, the priority of which is claimed under 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

Altera Law Group, LLC  
6500 City West Parkway, Suite 100  
Minneapolis, MN 55344-7701  
952-912-0527

Date: 14 June 2001

By:

  
Michael B. Lasky  
Reg. No. 29,555  
MBL/mar

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 9.5.2001

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Nokia Telecommunications Oy  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

982738

Tekemispäivä  
Filing date

17.12.1998

Kansainvälinen luokka  
International class

H04B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Lähettimen linearisointi"

Hakijan nimi on hakemusdiaariin 09.01.2000 tehdyn nimenmuutoksen jälkeen **Nokia Networks Oy**.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on 09.01.2000 with the name changed into **Nokia Networks Oy**.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patentti vaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## Lähettimen linearisointi

### Keksinnön tausta

Keksintö liittyy radiolähettimen linearisointiin.

Radiotaajuuksien niukkuus pakottaa käyttämään spektritehokkaita modulointimenetelmiä uusissa radiojärjestelmissä. Euroopassa PMR-käyttäjille (Professional mobile radio) kehitetty uusi radiojärjestelmän standardi on TETRA (Terrestrial Trunked Radio). Järjestelmän modulointimenetelmäksi on valittu  $\pi/4$ -DQPSK ( $\pi/4$ -shifted Differential Quadrature Phase Shift Keying). Lähettimen kannalta modulointimenetelmän huono ominaisuus on radiotaajuisen signaalin verhoikäyrän amplitudin vaihtelu, joka epälineaarisessa vahvistimessa aiheuttaa keskinäismodulaatiota (IM = InterModulation). IM-tulokset levittävät lähetetyn signaalin spektriä ja pyrkivät näin pienentämään lineaarisen modulointimenetelmän käytöstä saatavaa hyötyä. IM-tuloksia ei yleensä voi suodattaa, koska ne syntyvät hyvin lähelle haluttua signaalia. Vakioamplitudisilla modulointimenetelmillä spektrin leviämistä ei synny, jolloin signaali voidaan vahvistaa epälineaarisella vahvistimella.

Jaetussa (Trunked) PMR-järjestelmässä, jossa eri käyttäjäryhmät jakavat samoja radiokanavia, on tiukat vaatimukset lähettimen viereisille kanaville aiheuttamista häiriöistä. Nämä vaatimukset edellyttävät käytettävän radiojärjestelmän lähettimeltä hyvää lineaarisuutta.

Tehovahvistimessa hyvään lineaarisuuteen päästään vain huonolla hyötysuhteella. Kannettavien laitteiden hyötysuhteen tulee kuitenkin olla mahdollisimman suuri, jotta toiminta-aika olisi riittävä, eikä akkujen tehoa hukattaisi turhaan. Myös tukiasemien tehovahvistimilta vaaditaan ainakin kohtuullista hyötysuhdetta, jotta jäähdytys ei muodostuisi ongelmaksi. Riittävän hyötysuhteen ja lineaarisuuden saavuttaminen edellyttää lähettimen linearisointia.

Mikäli vahvistimen epälineaarisuudet tiedettäisiin etukäteen, voitaisiin muodostaa epälineaarisuuksien käänteisfunktiot ja muuntaa tulosignaali näiden avulla, jolloin epälineaarisuudet kumoutuisivat. Vahvistimen ominaisuudet eivät kuitenkaan säily samoina, vaan ne muuttuvat esimerkiksi ikääntymisen, lämpenemisen, käytetyn radiokanavan ja tehotason mukaan. Lisäksi vahvistimilla on yksilöeroja. Tarvitaan linearisointimenetelmiä, joiden tulee pystyä adaptiivisesti mukautumaan muuttuviin olosuhteisiin.

Monia erilaisia linearisointimenetelmiä on tutkittu, mutta kolmella näistä on havaittu olevan käytännön radiojärjestelmiin sopivia ominaisuuksia.

Nämä menetelmät ovat feedforward, karteellinen takaisinkytkentä ja esivääristysmenetelmä. Linearisointimenetelmä voi olla myös adaptiivinen.

Siis mikäli vahvistimen epälineaarinen siirtofunktio on tiedossa, ja mikäli se ei vaihtelee ajan funktiona, voidaan lähetettävä signaali linearisoida soveltamalla signaaliin sopivaa esivääristyksen aiheuttavaa siirtofunktiota. Tällöin vahvistimesta ulostuleva signaali saadaan lineaariseksi. Tätä menetelmää kutsutaan esivääristykseksi (pre-distortion). Esivääristys suoritetaan tavanomaisesti kantataajuudella siten, että käytetään muistitaulukkoa, johon on tallennettu esivääristymän aikaansaavat muunnosparametrit eli esivääristysparametrit.

Esimerkiksi vahvistimen lämpötilan ja iän muuttuessa muuttuu myös sen siirtofunktio, jolloin tulee välttämättömäksi päivittää käytetyn muistitaulukon sisältämiä esivääristysparametreja. Tekniikan tason mukaisissa ratkaisuissa tähän tarkoitukseen on käytetty gradienttipohjaista hakua. Gradienttipohjaisessa haussa adaptoidutaan virheen pienenemisen suuntaan. Gradienttipohjaisen haun ongelmana on sen hitaus.

### Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää menetelmä ja menetelmän toteuttava laitteisto siten, että yllä mainitut ongelmat saadaan ratkaistua. Keksinnön tavoitteet saavutetaan menetelmällä ja järjestelmällä, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa 1 ja 12. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että ei käytetä gradienttihakua tai muuta vastaavaa menetelmää vahvistimen mallin muodostamiseen ja esivääristysparametrien määrittämiseen, vaan luodaan malli mitatun eli lähetimestä lähtevän signaalin ja sitä vastaavan lähettimeen syötetyn signaalin, joka on puskuroitu muistiin, tai muun vastaavan ideaalisen vertailusignaalin perusteella nopeasti ja ilman hidasta konvergoitumista. Keksinnön mukaisen menetelmän nopeus perustuu siihen, että lähettimen epälineaarisuus määritetään suoraviivaisesti tietyn näyteaineiston perusteella tietyissä luokissa, esimerkiksi lähetystehon mukaisissa luokissa. Tämä voidaan tehdä nopeammin kuin virheen pienenemiseen perustuva määrittäminen, jossa joudutaan kokeilemalla määrittämään lähettimen epälineaarisuus eri luokissa, jolloin kokeilujen määrä voi nousta suureksi.

Keksinnön etuna on se, että se parantaa huomattavasti tekniikan tason mukaisia ratkaisuja tarjoamalla nopeamman tavan päivittää esivääristi-

men korjausparametrit. Keksinnön mukainen menetelmä toimii hakijan suorittamien kokeiden mukaan jopa noin 10 kertaa nopeammin kuin tekniikan tason mukainen gradienttihaku.

### Kuvioiden lyhyt selostus

5 Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

Kuvio 1 esittää lohkokaaavion keksinnön mukaisesta lähettimestä sen erään suoritusmuodon mukaisesti;

10 Kuvio 2 esittää vahvistimien ja esivääristimen amplitudien ominaiskäyriä ja

Kuvio 3 esittää vaihe-eron ominaiskäyrän.

### Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Kuvio 1 esittää lohkokaaavion keksinnön mukaisesta lähettimestä erään suoritusmuodon mukaisesti. On huomattava, että kuviossa on esitetty  
 15 vain keksinnön ymmärtämisen kannalta olennaisia elementtejä. Kuviossa lähettimeen tulevat lähetettävät I- ja Q-signaalit I\_IN ja Q\_IN. Esivääristys on toteutettu digitaalisen signaaliprosessorin (DSP) 1 avulla. Amplitudin esivääristys tapahtuu kertojaelimissä 3A ja 3B amplituditaulukosta 19 saatavan amplitudin korjausparametrin mukaisesti. Vastaavasti mahdollinen vaiheen esivääristys ta-  
 20 pahtuu vaiheensiirtoelimessä 4 vaihetaulukosta 20 saatavan vaiheen korjausparametrin mukaisesti. Esivääristetyt signaalit D/A-muunnetaan D/A-muuntimilla 5A ja 5B analogisiksi signaaleiksi, jotka vielä edullisesti suodatetaan alipäästöisillä rekonstruointisuodattimilla 6A ja 6B. Nämä signaalit johdetaan edelleen I/Q-modulaattoriin 7. I/Q-modulaattori 7 ja I/Q-demodulaattori 15 toimivat quadra-  
 25 tuurimodulaatioperiaatteella. Se mahdollistaa kahden itsenäisen signaalin yhdistämisen lähettimessä ja lähettämisen samalla lähetyskaistalla ja signaalien erottamisen jälleen toisistaan vastaanottimessa. Quadratuurimodulaation periaate on se, että kaksi erillistä signaalia, I ja Q (Inphase ja Quadrature phase), moduloidaan käyttäen samaa kantoaaltoaajuutta, mutta kantoaaltojen vaiheet  
 30 eroavat toisistaan siten, että signaalin Q kantoaalto on  $90^\circ$  jäljessä signaalin I kantoaaltoa. Moduloinnin jälkeen signaalit summataan. Vaihe-eron ansiosta voidaan signaalit I ja Q erottaa toisistaan demoduloitaessa summasignaali. I/Q-modulaattorissa 7 signaalit moduloidaan ja yhdistetään. I/Q-modulaattori toimii paikallisoskillaattorin 10 tahdistamana. I/Q-moduloitu signaali johdetaan  
 35 tehovahvistimeen PA 8, sekä siitä edelleen OUT antenniin 2 lähetettäväksi. Sa-

mallalla muodostetaan näytteenottojärjestelyn, esimerkiksi suuntakytkimen, 9 avulla takaisinkytkentä. Radiotaajuinen (esimerkiksi 400 MHz) takaisinkytkentäsignaali sekoitetaan edullisesti alassekoittimella 12 alas esim. 450 kHz:n välitaajuudelle. Alassekoitus tapahtuu paikallisoskillaattorin 11 tahdistamana. Vä-  
 5 litaajuista signaalia voidaan tarvittaessa suodattaa leveäkaistaisella suodattimella 13 ja lisäksi vaimentaa. Välitaajuussignaali näytteistetään A/D-muuntimella 14 kantataajuista (tai välitaajuista) prosessointia varten.

I/Q-demodulaattori 15 on toteutettu digitaalisen signaaliprosessorin 1 avulla. A/D-muunnettu välitaajuinen takaisinkytkentäsignaali I/Q-  
 10 demoduloidaan I/Q-demodulaattorilla 15 digitaalisesti kertomalla kantataajuisiksi I- ja Q-signaaleiksi. I/Q-demodulaattori on siis toteutettu ohjelmallisesti digitaalisessa signaaliprosessorissa 218, eikä erillistä analogista I/Q-demodulaattoria tarvita. I/Q-demodulointi voitaisiin suorittaa myös analogisesti ilman, että sillä olisi merkitystä keksinnön kannalta. Kantataajuiset I- ja Q-  
 15 takaisinkytkentäsignaalit muunnetaan edullisesti suorakulmaisesta esitysmuodosta polaariseen esitysmuotoon muuntimessa 16B, jolloin amplitudi ja vaihe ilmenevät suoraan näistä muunnetuista signaaleista ja johdetaan laskentayksikköön 17, jossa tapahtuu esivääristystaulukoiden 19 ja 20 generointi, joka on kuvattu myöhemmin tässä selityksessä. Laskentayksikköön 17 tulevat lisäksi  
 20 lähettimeen tulevat lähetettävät signaalit I\_IN ja Q\_IN, jotka myös edullisesti muunnetaan polaariseen esitysmuotoon muuntimessa 16. Varsinainen esivääristys tapahtuu luotujen esivääristystaulukoiden 19 ja 20 avulla. Signaaleista I\_IN ja Q\_IN muodostuvasta kompleksisesta signaalista määritetään itseisarvo eli signaalin amplitudi elimessä 18. Tämä amplituditieto syötetään amplitudin  
 25 esivääristystaulukkoon 19, joka antaa amplituditiedon perusteella vastaavan amplitudin korjausparametrin kertojaelimille 3A ja 3B. Vaiheen esivääristystaulukkoon 20 syötetään kertojaelimellä 21 muodostettu korjattu eli esivääristetty amplituditieto, jonka perusteella vaihetaulukko 20 antaa oikean vaiheen korjausparametrin vaiheensiirtimelle 4. Vaihetaulukon 20 ohjaustietona käytetään  
 30 amplituditietoa edullisesti siksi, että lähettimessä aiheutuva vaihevirhe riippuu signaalin amplitudista. Vaihetaulukon 20 saama amplituditieto on edullisesti lisäksi esivääristetty, jolloin se vastaa esivääristimeltä edelleen lähtevän signaalin amplitudia, jonka suuruudesta lähettimessä aiheutuva epälineaarisuus siis määräytyy, ja tarvittava vaiheen esivääristys voidaan määrittää mahdollisimman tarkasti. On myös mahdollista, että käytössä on vain amplitudin esivääristys, jolloin  
 35 vaiheen esivääristystaulukkoa 20 ja vaiheensiirintä 4 ei tarvita.

Keksinnön mukainen amplitudin ja vaiheen esivääristystaulukoiden 19 ja 20 muodostaminen tapahtuu seuraavasti: käytössä on lähettimeen syötetyistä signaaleista I\_IN ja Q\_IN otetut näytteet 22 ja 23 ja lähettimestä lähtevästä OUT (kompleksinen) signaalista otetut näytteet 24 ja 25 kuvion 1 laskentaelimen 17 sisääntuloissa. Signaalit 22 ja 23 muodostavat yhdessä polaarisisessa esitysmuodossa olevan kompleksisen vertailusignaalin REF. Vertailusignaali REF on ideaalinen siinä suhteessa, että siinä ei ole lähettimestä aiheutuvaa epälineaarisuutta. Vastaavasti signaalit 24 ja 25 muodostavat yhdessä polaarisisessa esitysmuodossa olevan kompleksisen takaisinkytkentäsignaalin FB. Signaalit REF ja FB normalisoidaan siten, että suurin esiintyvä amplitudi molemmissa signaaleissa on 1. Vertailusignaali REF ja sitä vastaava takaisinkytkentäsignaali FB tulevat eriaikaisesti laskentaelimelle 17, koska lähtetin aiheuttaa tietyn viiveen signaalin kululle, eli tiettyä lähettimeen tulevan kompleksisen signaalin I\_IN ja Q\_IN näytepistettä vastaava vertailusignaalin REF arvo saapuu laskentaelimelle 17 aiemmin kuin sitä vastaava takaisinkytkentäsignaalin FB arvo. Tämän vuoksi vertailusignaalia REF puskuroidaan siten, että laskentaelimessä 17 voidaan vertailla tietyn lähettimeen syötetyn kompleksisen signaalin I\_IN ja Q\_IN sitä arvoa, mikä sillä on syötettäessä se lähettimeen ja sitä arvoa mikä sillä on, kun se on kulkenut lähtetimen läpi. Esivääristystaulukoiden 19 ja 20 muodostamista varten esivääristysparametrit taulukoissa 19 ja 20 asetetaan sellaisiin arvoihin, että mitään esivääristystä ei tapahdu. Tämän jälkeen lähettimeen syötetään jotain tarkoitukseen sopivaa signaalia ja otetaan ennalta määrätty määrä (esimerkiksi 160–2250 kpl) näytteitä lähettimeen tulevasta signaalista I\_IN ja Q\_IN sekä lähettimestä lähtevästä signaalista OUT. Näytesignaalien REF ja FB keskenään vastaavien näytepisteiden amplitudiarvot luokitellaan haluttuun määrään (esimerkiksi 128–16384 kpl) luokkia vertailusignaalin REF amplitudin perusteella. Näytteet luokitellaan edullisimmin juuri amplitudin perusteella, koska lähtetimen epälineaarisuus riippuu lähetystehosta, joka puolestaan riippuu signaalin amplitudista. Tämän jälkeen verrataan takaisinkytkentäsignaalin FB näytepisteiden arvoja vertailusignaalin REF vastaaviin puskuroituihin arvoihin ja määritetään korjausparametrit tämän vertailun avulla.

Vertailua ja korjausparametrien määrittystä on havainnollistettu amplitudin osalta kuviossa 2. Suora 31 kuvaa ideaalisen lähtetimen normalisoidun ulostuloamplitudin riippuvuutta normalisoidusta sisäänmenoamplitudista. Suora 31 kuvaa myös vertailusignaalin REF riippuvuutta lähtetimen si-

säänmenosignaalista  $I_{IN}$  ja  $Q_{IN}$  eli ne vastaavat täysin toisiaan. Käyrä 32 kuvaa lähettimen epälineaarista ominaiskäyrää (kun mitään esivääristystä ei käytetä). Lähettimen epälineaarisuus johtuu käytännössä pääosin tehovahvistimesta 8. Lähettimessä voi olla myös useita tehovahvistimia 8 sarjaan kytkettyinä. Käyrä 32 määritetään näytesignaalien REF ja FB perusteella esimerkiksi seuraavasti: takaisinkytkentäsignaalin FB näytepisteiden amplitudeista lasketaan keskiarvo kussakin luokassa. Samoin lasketaan kyseisiä takaisinkytkentäsignaalin FB näytepisteitä vastaavien vertailusignaalin REF näytepisteiden amplitudien keskiarvo kussakin luokassa. Näiden laskettujen keskiarvojen suhteen avulla saadaan käyrän 32 arvo kyseisen luokan keskipisteessä suhteessa ideaaliseen käyrään 31. Kuviossa 2 on nämä luokkien keskipisteet merkitty ympyröillä. Suhde voidaan laskea myös siten, että ensin määritetään jokaisen takaisinkytkentäsignaalin FB näytepisteen ja sitä vastaavan vertailusignaalin REF näytepisteen amplitudien suhde ja tämän jälkeen määritetään tiettyyn luokkaan kuuluvien näyteparien suhteiden keskiarvo. Käyrä 33 on esivääristimen ominaiskäyrä, joka saadaan peilaamalla ilman esivääristystä määritetty lähettimen ominaiskäyrä 32 ideaalisen käyrän 31 suhteen. Tämä tapahtuu esimerkiksi siten, että määritetään jokaiselle lähettimen ominaiskäyrän 32 pisteelle (merkitty ympyröillä) vastinpiste. Esimerkiksi pisteen 41 vastinpiste määrityy siten, että aluksi etsitään pistettä 41 vastaava ideaalisen käyrän 31 piste ulostuloamplitudin arvon perusteella. Esimerkitapauksessa, jossa tarkasteltava ulostuloamplitudi on 0.4, päädytään siis ideaalisen käyrän 31 pisteeseen 42. Seuraavaksi etsitään piste, jonka sisäänmenoamplitudin arvo on sama kuin määritetyn ideaalisen käyrän pisteen 42 sisäänmenoamplitudin arvo (0.4) ja ulostuloamplitudin arvo sama kuin ominaiskäyrän 32 pisteen 41 sisäänmenoamplitudin arvo (0.2). Näin saadaan pisteen 41 vastinpisteeksi piste 43. Samalla tavoin määritetään jokaiselle ominaiskäyrän 32 pisteelle vastinpiste. Vastinpisteet (merkitty kuviossa 2 rasteilla) muodostavat esivääristimen ominaiskäyrän 33. Lähettimen ominaiskäyrä 32 on diskreetti sisäänmenoamplitudin (x-akseli) suhteen, jolloin sen perusteella määritetty esivääristimen ominaiskäyrä 33 on diskreetti ulostuloamplitudin (y-akseli) suhteen, eli ne on määritelty vain merkityissä pisteissä (ympyrät ja rastit), johtuen näytteiden jaosta luokkiin. Mitä enemmän luokkia on käytössä sitä enemmän saadaan pisteitä ja edelleen sitä lähemmäksi päästään jatkuvia käyriä 32 ja 33, jotka on kuvioon merkitty yhtenäisellä viivalla.



Kun esivääristimen ominaiskäyrän 33 pisteet on määritetty, voidaan luoda amplitudin esivääristystaulukko 19. Koska esivääristimen ominaiskäyrä 33 on diskreetti ulostuloamplitudin suhteen eli amplitudin korjausparametri on määritelty vain tietyille ulostuloamplitudin arvoille, kuten jo edellä on selitetty, ja toisaalta esivääristimen sisääntuloamplitudi voi saada mitä arvoja tahansa, määritetään tietyille sisääntuloamplitudille käytettävä korjausparametri etsimällä sisääntuloamplitudia lähin piste diskreetiltä käyrältä 33 ja käytetään tätä pistettä vastaavaa amplitudin korjausparametria. Amplitudin korjausparametrilla tarkoitetaan tässä yhteydessä arvoa, jolla sisäänmenoamplitudi tulee kertoa, jotta saadaan haluttu ulostuloamplitudi esivääristimen ominaiskäyrän 33 mukaisesti. Korjausparametri saadaan siis käyrän 33 tietyssä pisteessä jakamalla ulostuloamplitudin arvo sisäänmenoamplitudin arvolla kyseisessä pisteessä. Amplitudin esivääristystaulukko 19 voidaan muodostaa esimerkiksi siten, että tiettyä määriteltyä korjausparametria kohden määritellään tietty sisäänmenoamplitudiarvojen väli, jolle korjausparametria käytetään. Tämä voidaan tehdä ominaiskäyrän 33 avulla jakamalla käyrä 33 sisäänmenoamplitudin suhteen väleihin, joiden keskipisteinä ovat (rasteilla merkityt) pisteet, joissa ulostuloamplitudi ja korjausparametri on määritelty. Taulukosta katsotaan tällöin mihin väliin sisäänmenoamplitudin arvo sattuu ja käytetään väliä vastaavaa korjausparametria.

Vaihe-eron (takaisinkytkentäsignaalin FB näytepisteen ja sitä vastaavan vertailusignaalin REF näytepisteen välillä) korjausparametrien määrittämisestä on havainnollistettu kuviossa 3. Kuviossa on esitetty esimerkki vaihe-erosta vertailusignaalin REF normalisoidun amplitudin (sisäänmenoamplitudi) funktiona eli käyrä 51. Vaiheen ominaiskäyrä 51 muodostetaan siten, että määritetään takaisinkytkentäsignaalin FB ja vertailusignaalin REF näytepiste-  
parien keskimääräiset vaihe-erot kussakin luokassa, joihin ne on jaettu amplitudin perusteella amplitudin korjausparametreja määrittäessä edellä kuvattulla tavalla. Toisin sanoen vaihe-erot luokitellaan luokkiin vertailusignaalin REF normalisoidun amplitudin perusteella ja kullekin luokalle lasketaan vaihe-  
erojen keskiarvo. Näin saadaan vahvistimen vaiheominaiskäyrän arvot kunkin luokan keskipisteessä eli kuviossa 3 olevat ympyröillä merkityt pisteet, jotka muodostavat diskreetin vaiheen ominaiskäyrän. Mitä enemmän luokkia on käytössä sitä lähemmäksi päästään yhtenäistä käyrää 51.

Kun vaiheen ominaiskäyrän 51 pisteet on määritetty, voidaan luoda vaiheen esivääristystaulukko 20. Koska vaiheen ominaiskäyrä 51 on diskreetti

eli vaihe-ero on määritelty vain tietyille sisäänmenoamplitudien arvoille (luokkien keskiarvot), kuten jo edellä on selitetty, ja toisaalta esivääristimen sisääntuloamplitudi voi saada mitä arvoja tahansa, määritetään tietyille sisääntuloamplitudille käytettävä korjausparametri etsimällä sisääntuloamplitudia lähin

5 piste diskreetiltä vaiheen ominaiskäyrältä 51 ja käytetään tätä pistettä vastaavaa vaiheen korjausparametria. Vaiheen korjausparametrilla tarkoitetaan arvoa, joka määrittää paljonko esivääristimeen tulevan signaalin vaihetta tulee siirtää ja mihin suuntaan, jotta saadaan haluttu vaiheen esivääristys. Korjausparametri saadaan ominaiskäyrän 51 tietyssä pisteessä kertomalla

10 vaihe-eron arvo kyseisessä pisteessä  $-1$ :llä, eli esivääristetään vaihetta vaihe-eron verran päinvastaiseen suuntaan. Vaiheen esivääristystaulukko 20 voidaan muodostaa esimerkiksi siten, että tiettyä määriteltyä korjausparametria kohden määritellään tietty sisäänmenoamplitudiarvojen väli, jolle korjausparametria käytetään. Tämä voidaan tehdä ominaiskäyrän 51 avulla jakamalla käy-

15 rä 51 sisäänmenoamplitudin suhteen väleihin, joiden keskipisteinä ovat (ympyröillä merkityt) pisteet, joissa vaihe-ero ja siten korjausparametri on määritelty. Taulukosta katsotaan tällöin mihin väliin sisäänmenoamplitudin arvo sattuu ja käytetään väliä vastaavaa korjausparametria.

Jos jokin signaalinäyteluokka ei sisällä yhtään näytettä ja korjausparametria ei näytteiden perusteella siis voida määrittää, voidaan tällaisen luokan korjausparametriksi määrittää esimerkiksi jonkin muun luokan edullisesti sitä lähimmän luokan korjausparametri. Korjausparametri voidaan myös määrittää usean lähimmän näytteitä sisältävän luokan korjausparametrien perusteella interpoloimalla tai jollain vastaavalla menetelmällä.

25 Esivääristystaulukoiden 19 ja 20 sisältämän tiedon muoto voi poiketa edellä esitetystä ilman, että sillä on merkitystä keksinnön perusajatuksen kannalta. Samoin esivääristystaulukoiden muodostus voi poiketa edellä esitetystä. Erillisten amplitudi- 19 ja vaihetaulukoiden 20 sijasta voitaisiin myös käyttää yhdistettyä esivääristystaulukkoa, josta tietylle sisäänmenoamplitudin

30 arvolle voidaan saada esimerkiksi kompleksinen korjausparametri, joka sisältää sekä amplitudin että vaiheen korjausparametrin. On myös mahdollista käyttää pelkästään amplitudin esivääristystä, jolloin etuna on pienempi muis-

tinkulutus, kun vaiheen esivääristystaulukkoa ei tarvita.

Kertauksenomaisesti esitettynä tapahtuu esivääristystaulukoiden 19

35 ja 20 määrittäminen pääpiirteissään seuraavasti:

1) Amplitudin esivääristystaulukossa 19 olevat korjausparametrit asetetaan arvoihin 1 (signaalia kerrotaan 1:llä, mitään esivääristymistä ei tapahdu) ja vaiheen esivääristystaulukossa 20 olevat korjausparametrit asetetaan arvoihin 0 (signaalin vaihetta siirretään 0 astetta, mitään esivääristymistä ei tapahdu).

2) Lähetetään normaalia moduloitua signaalia tai muuta opetukseen soveltuvaa signaalia.

3) Otetaan näytteitä lähetettävästä signaalista OUT takaisinkytkentähaaran kautta.

4) Kompensoidaan piirissä aiheutunut viive.

5) Verrataan vastaavia lähettimeen syötetyistä signaaleista I\_IN ja Q\_IN otettuja näytteitä 22 ja 23 ja lähettimestä lähtevästä OUT signaalista otettuja näytteitä 24 ja 25 keskenään ja muodostetaan lähettimen ominaiskäyrät amplitudille 33 ja vaiheelle 51.

6) Muodostetaan esivääristystaulukot 19 ja 20 ominaiskäyrien avulla.

Vaikka tässä on kuvattu keksinnön käyttöä lähinnä TETRA-järjestelmän yhteydessä, ei tämä mitenkään rajoita keksinnön käyttöä myös muun tyyppisissä järjestelmissä. Käytettävän lähettimen rakenne saattaa poiketa esitetystä ilman, että poiketaan keksinnön perusajatukselta.

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

### Patenttivaatimukset

1. Menetelmä lähettimen esivääristysmenetelmällä suoritettavassa -  
linearisoinnissa käytettävien korjausparametrien määrittämiseksi, t u n n e t t u  
siitä, että menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

5 (a) otetaan ennalta määrätty määrä näytteitä mainitusta lähetti-  
mestä lähtevästä signaalista,

(b) luokitellaan signaalinäytteet luokkiin,

(c) verrataan signaalinäytteitä niitä vastaaviin ideaalisiin signaaliar-  
voihin ja

10 (d) määritetään mainitun vertailun perusteella korjausparametri kul-  
lekin mainitulle luokalle.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,  
että mainittu menetelmävaiheen (b) luokittelu suoritetaan signaalinäytettä  
vastaavan ideaalisen signaalin perusteella, edullisesti ideaalisen signaalin  
15 amplitudin perusteella.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u  
siitä, että mainittu menetelmävaiheen (c) vertailu käsittää vaiheet:  
verrataan kunkin signaalinäytteen normalisoitua amplitudia näytettä  
vastaavan lähettimeen syötetyn signaalin normalisoituun amplitudiin ja  
20 määritetään näiden amplitudiarvojen suhteet.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,  
että mainittu menetelmävaiheen (d) korjausparametrin määrittäminen tietylle luokalle  
käsittää vaiheet:

lasketaan kyseiseen luokkaan kuuluvia signaalinäytteitä vastaavien  
25 menetelmävaiheessa (c) määritettyjen suhteiden keskiarvo ja  
määritetään korjausparametri lasketun keskiarvon perusteella.

5. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u  
siitä, että mainittu menetelmävaiheen (c) vertailu käsittää vaiheet:  
verrataan kunkin signaalinäytteen normalisoitua amplitudia ja vai-  
30 hetta vastaavasti näytettä vastaavan lähettimeen syötetyn signaalin normali-  
soituun amplitudiin ja vaiheeseen ja  
määritetään näiden amplitudiarvojen suhteet ja vaihearvojen ero-  
tukset.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,  
35 että mainittu menetelmävaiheen (d) korjausparametrin määrittäminen tietylle luokalle  
käsittää vaiheet:

lasketaan kyseiseen luokkaan kuuluvia signaalinäytteitä vastaavien menetelmävaiheessa (c) määritettyjen amplitudiarvojen suhteiden keskiarvo sekä vaihearvojen erotusten keskiarvo ja

määritetään korjausparametri laskettujen keskiarvojen perusteella.

5 7. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu menetelmävaiheen (c) vertailu käsittää vaiheet:

lasketaan kunkin luokan signaalinäytteiden normalisoitujen amplitudien keskiarvo sekä kunkin luokan näytteitä vastaavien lähettimeen syötettyjen signaalien normalisoitujen amplitudien keskiarvo ja

10 verrataan mainittuja amplitudien keskiarvoja ja

määritetään näiden amplitudiarvojen keskiarvojen suhteet kullekin luokalle.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu menetelmävaiheen (d) korjausparametrin määrittäminen tietyille luokalle  
15 suoritetaan kyseiselle luokalle määritetyn keskiarvojen suhteen perusteella.

9. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu menetelmävaiheen (c) vertailu käsittää vaiheet:

lasketaan kunkin luokan signaalinäytteiden normalisoitujen amplitudien keskiarvo sekä kunkin luokan näytteitä vastaavien lähettimeen syötettyjen  
20 signaalien normalisoitujen amplitudien keskiarvo,

lasketaan kunkin luokan signaalinäytteiden vaiheiden keskiarvo sekä kunkin luokan näytteitä vastaavien lähettimeen syötettyjen signaalien vaiheiden keskiarvo,

25 verrataan mainittuja amplitudien keskiarvoja,

määritetään näiden amplitudiarvojen keskiarvojen suhteet kullekin luokalle

verrataan mainittuja vaiheiden keskiarvoja ja

määritetään näiden vaihearvojen keskiarvojen erotukset kullekin luokalle.

30 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu menetelmävaiheen (d) korjausparametrin määrittäminen tietyille luokalle suoritetaan kyseiselle luokalle määritettyjen amplitudiarvojen keskiarvojen suhteen sekä vaihearvojen keskiarvojen erotuksen perusteella.

11. Patenttivaatimuksen 4, 6, 8 tai 10 mukainen menetelmä, t u n -  
35 n e t t u siitä, että mainittu menetelmävaiheen (d) korjausparametrin määrittäminen

tietylle luokalle, jos kyseisessä luokassa ei ole yhtään signaalinäytettä, käsittää vaiheen:

määritetään kyseisen luokan korjausparametriksi jonkin muun luokan korjausparametri edullisesti sitä lähimmän luokan korjausparametri tai  
 5 määritetään kyseisen luokan korjausparametri interpoloimalla lähimpien näytteitä sisältävien luokkien korjausparametreista.

12. Lähetin, joka käsittää:

näytteistysvälineet (9) lähettimestä lähtevän signaalin (OUT) näytteistämiseksi,

10 esivääristimen (3A, 3B, 4) lähetettävän signaalin (I\_IN, Q\_IN) esivääristämiseksi lähettimen epälineaarisuuden kompensoimiseksi,

lähettimen ollessa t u n n e t t u siitä, että se lisäksi käsittää:

luokitteluvälineet (17) lähettimestä lähtevästä signaalista (OUT) otettujen signaalinäytteiden (FB) luokittelemiseksi luokkiin,

15 vertailuvälineet (17) signaalinäytteiden (FB) vertaamiseksi niitä vastaaviin ideaalisiin signaaliarvoihin (REF),

mainituille vertailuvälineille (17) vasteelliset määrittämisvälineet (17) amplitudin ja edullisesti vaiheen korjausparametrien määrittämiseksi kullekin mainitulle luokalle, jolloin esivääristin on sovitettu käyttämään mainittuja korjausparametreja lähetettävää signaalia esivääristäessään.

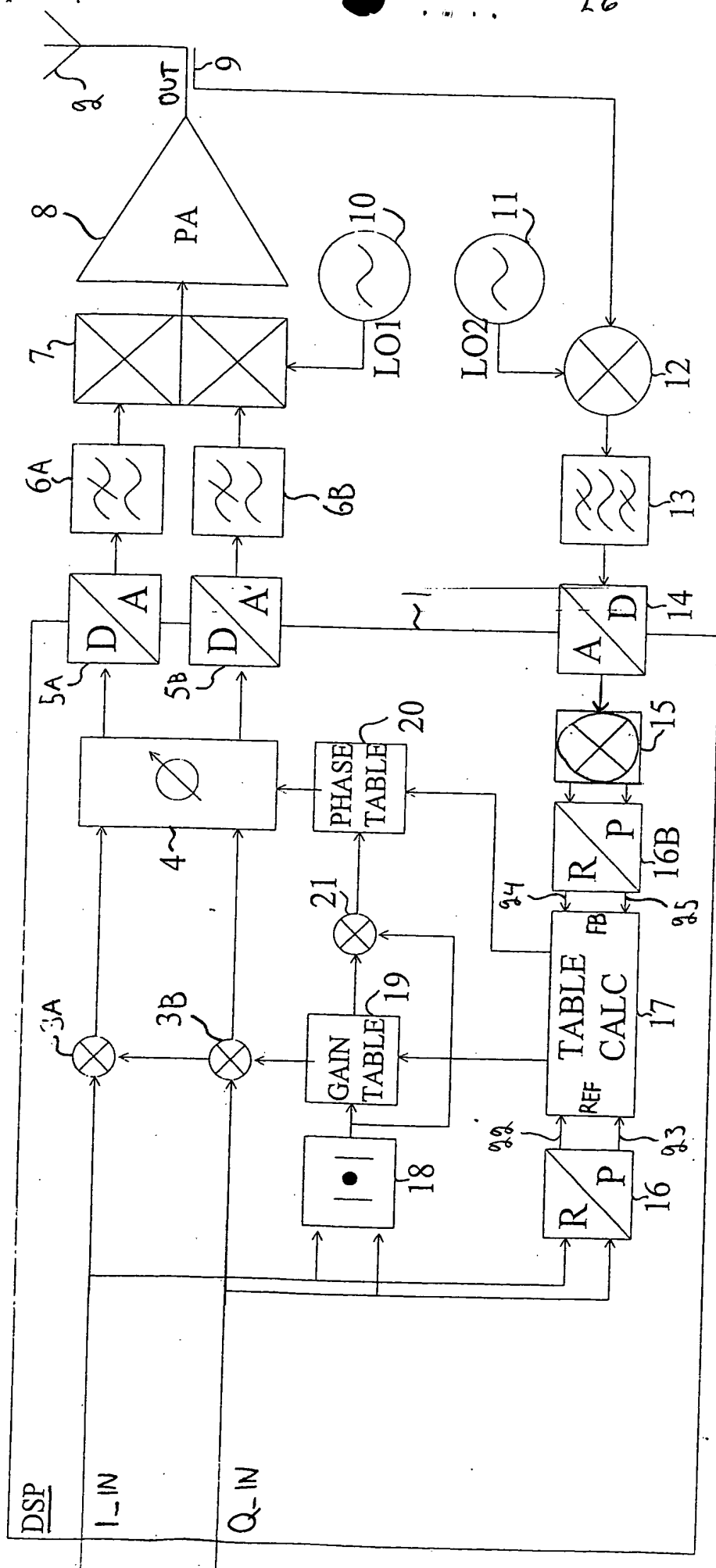
20 13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että mainitut määrittämisvälineet (17) on sovitettu, jos mikäli johonkin luokkaan ei pystytä määrittämään korjausparametriä, ottamaan jostain muusta luokasta vastaava korjausparametri ja määrittämään se halutun luokan korjausparametriksi.

14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen lähetin, t u n n e t t u siitä, että mainitut luokitteluvälineet (17) on sovitettu luokittelemaan mainitut näytteistetyt signaalinäytteet (FB) kutakin signaalinäytettä vastaavan ideaalisen signaaliarvon (REF) perusteella.

**(57) Tiivistelmä**

Menetelmä lähettimen esivääristysmenetelmällä suoritettavassa linearisoinnissa käytettävien korjausparametrien määrittämiseksi ja lähetin, joka käsittää: näytteistysvälineet (9) lähettimestä lähtevän signaalin (OUT) näytteistämiseksi, esivääristimen (3A, 3B, 4) lähetettävän signaalin (I\_IN, Q\_IN) esivääristämiseksi lähettimen epälineaarisuuden kompensoimiseksi, jolloin se lisäksi käsittää: luokitteluvälineet (17) lähettimestä lähtevästä signaalista (OUT) otettujen signaalinäytteiden (FB) luokittelemiseksi ennalta määrättyihin luokkiin, vertailuvälineet (17) signaalinäytteiden (FB) vertaamiseksi niitä vastaaviin ideaalisiin signaaliarvoihin (REF) sekä mainituille vertailuvälineille vasteelliset määrittysvälineet (17) amplitudin ja edullisesti vaiheen korjausparametrien määrittämiseksi kullekin mainitulle luokalle, jolloin esivääristin on sovitettu käyttämään mainittuja korjausparametrejä lähetettävää signaalia esivääristäessään.

(Kuvio 1)



161



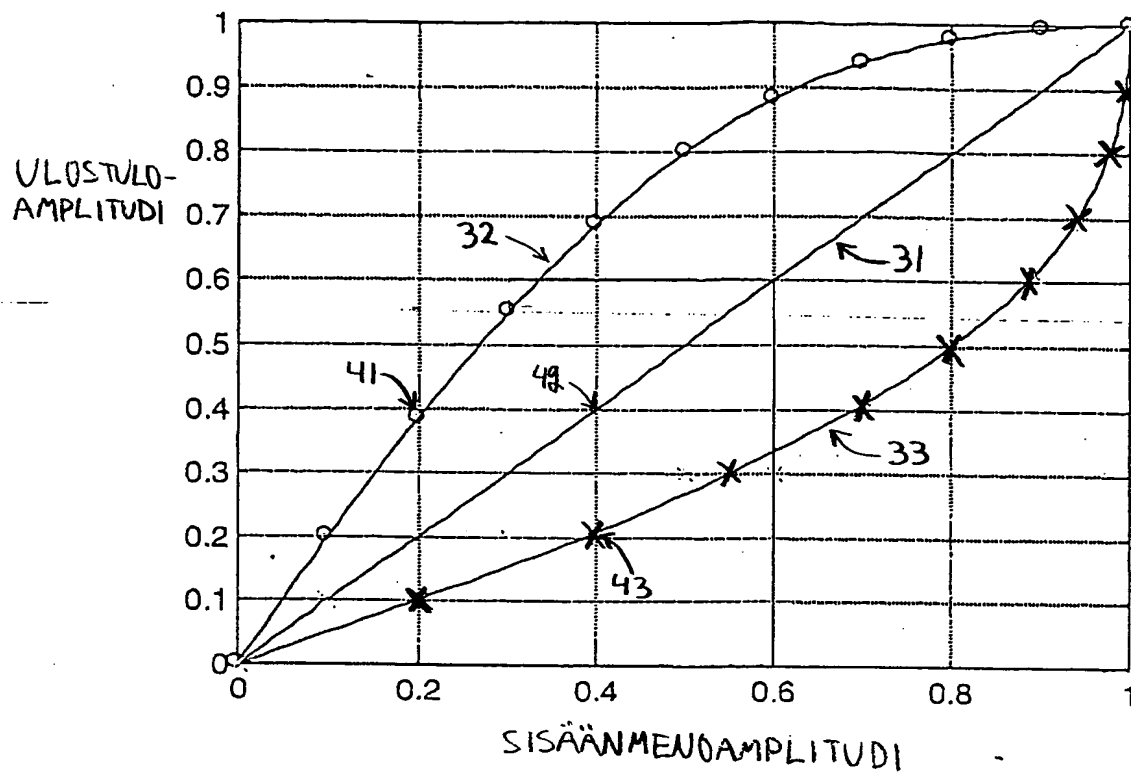


FIG 2

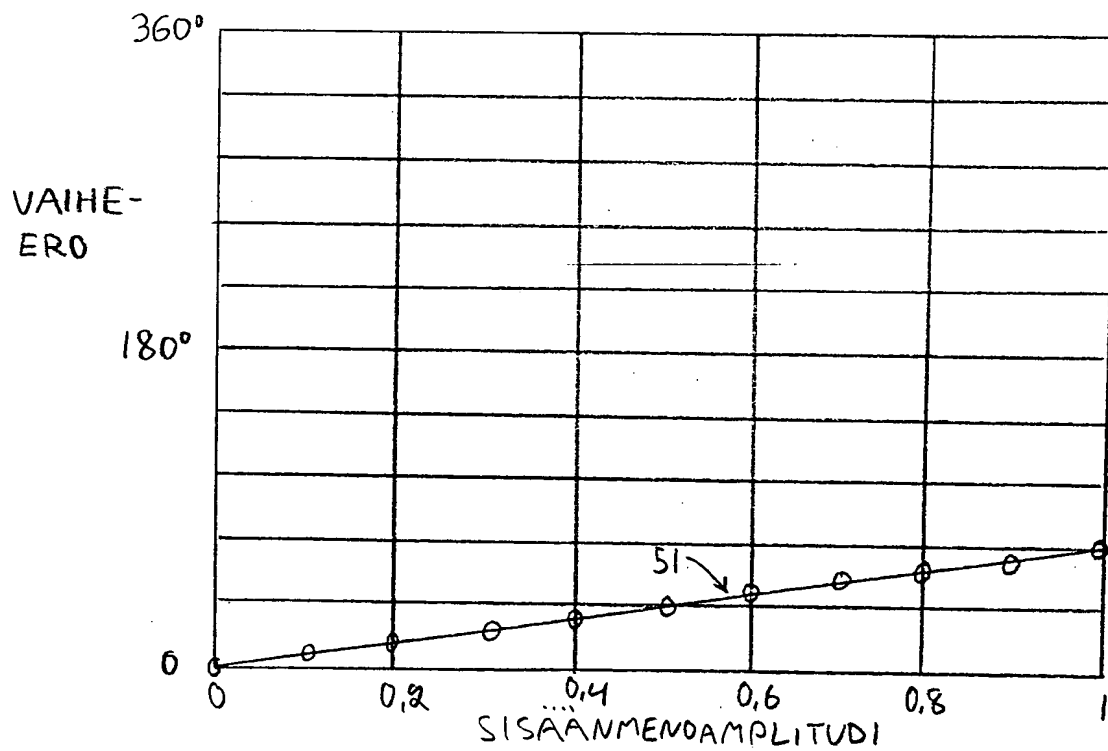


FIG 3